пассажиропотока по часам суток, направлениям и месяцам года; Q – ожидаемый объем перевозок, чел.; $v_э$ – эксплуатационная скорость; D – число календарных дней в году..

В настоящее время для решения задачи размещения применяется и комбинаторный метод.

Литература

1. Афанасьев, Л.Л., Автомобильные перевозки / Л.Л. Афанасьев, С.М. Цукерберг. М., Транспорт, 1973.
2. Вентцель, Е.С. Исследование операций / Е.С. Вентцель М., Сов. радио, 1972.
3. Ковалев, М.М. Дискретная оптимизация / М.М. Ковалев. Минск, Изд-во БГУ им. В.И. Ленина, 1977.
4. Спирин, *И.В.* Исследование вопросов выбора и распределения подвижного состава на городских автобусных маршрутах / И.В. Спирин. М., НИИАТ, 1979.

УДК 519.1

ЗАДАЧА КОММИВОЯЖЁРА НА МАТРОИДЕ

Исаченко А.Н.
Белорусский государственный университет
Минск, Беларусь

Продолжены исследования гамильтоновых матроидов и задачи коммивояжера на матроиде.

Пусть $M = (S, \Sigma)$ - матроид ранга $\rho (S) = k$, $k < | S |$, заданный семейством циклов Σ. То есть S – конечное множество элементов, а Σ семейство подмножеств из 2^S, удовлетворяющее условиям:

1) если $C_1, C_2 \in \Sigma$, $C_1 \neq C_2$, то $C_1 \not\subset C_2$;

2) если $C_1, C_2 \in \Sigma$ и $e \in C_1 \cap C_2$, то существует $C_3 \subseteq (C_1 \cup C_2) \setminus e$ такое, что $C_3 \in \Sigma$.

Цикл C матроида M назовём гамильтоновым, если $| C | = k + 1$. Матроид, содержащий гамильтонов цикл, так же будем называть гамильтоновым. Понятие гамильтонова цикла и гамильтонова матроида введено в работах [1,2].

Пусть $M = (S, \Sigma)$ – матроид. Степенью $d(s)$ элемента $s \in S$ назовём количество циклов матроида M, содержащих s.

Следующая теорема даёт необходимое условие для наличия гамильтонова цикла в матроиде.

Теорема [4]. Пусть $M = (S, \Sigma)$ – матроид на множестве S с n элементами и рангом $\rho(S) = k$, $0 < k < n$. Если $M = (S, \Sigma)$ гамильтонов, то $d(s) \geq n - k$ для любого $s \in S$.

Пусть $M = (S, \Sigma)$ матроид с рангом $\rho(S) = k$, $0 < k < |S|$. Припишем каждому элементу $s \in S$ вес $w(s) \geq 0$, Рассмотрим задачу нахождения гамильтонова цикла с минимальным суммарным весом образующих его элементов, которую по аналогии с задачей поиска гамильтонова цикла на графе будем называть задачей коммивояжёра на матроиде.

Заметим, что алгоритм решения задачи и его сложность зависит от термина, в котором определяется матроид. Функция, заданная на 2^S и принимающая соответствующие термину значения, называется оракулом [3.4]. Оракул «цикл» является булевой функцией, принимающей на $A \in 2^S$ значение 1, если $A \in \Sigma$, и 0 в противном случае. Вариант метода ветвей и границ для задачи нахождения гамильтонова цикла с минимальным суммарным весом с использованием оракула «замыкание» был предложен и рассмотрен в работе [5].

Будем считать, что матроид задан функцией H-периметра, то есть функцией $H : 2^S \to \{0, \ldots, |S|\}$, где

$$H(A) = \{\max |C| \mid C \subseteq A,\ C \in \Sigma\}.$$

Для решения задачи применим модификацию «жадного» алгоритма.

Шаг 1. Определяем $H(S)$.

a) Если $H(S) = k + 1$, то (S, Σ) - гамильтонов матроид. Переходим к шагу 2.

b) Если $H(S) < k + 1$, то матроид (S, Σ) не имеет гамильтонова цикла и алгоритм завершает работу с ответом «решения нет».

Шаг 2. Упорядочиваем элементы множества S по не возрастанию их весов. Пусть $w(s_1) \geq w(s_2) \geq \ldots \geq w(s_n)$, где $n = |S|$.

Шаг 3. Полагаем $i=0$, $C_0 = S$.

Шаг 4.

$$C_{i+1} = \begin{cases} C_i \setminus s_{i+1}, \text{ если } H(C_i \setminus s_{i+1}) = k+1, \\ C_i, \text{ если } H(C_i \setminus s_{i+1}) < k+1. \end{cases}$$

Шаг 5. Если $|C_{i+1}| = k + 1$, то алгоритм завершает работу. C_{i+1} найденное решение. В противном случае возвращаемся к шагу 4.

«Жадный» алгоритм не гарантирует получения точного решения. Алгоритм точного решения задачи заключается в поиске в ширину, начиная с исходного множества S, с удалением из текущего множества A каждого элемента s. Для множества $A \setminus s$ проверяется условие $H(A \setminus s) \leq k + 1$. При выполнении $H(A \setminus s) = k + 1$ множество $A \setminus s$ включается в дерево поиска. При $H(A \setminus s) < k + 1$ - не включается. В результате получим гамильтоновы циклы матроида $M = (S, \Sigma)$, среди которых определяем цикл минимального веса.

Литература

1. Исаченко, А.Н., Исаченко, Я.А. Периметр матроида и задача коммивояжера на матроиде / Исаченко А.Н., Я.А. Исаченко // XI Белорусская математическая конференция: тез. докл. Междунар. науч. конф. Минск, 5 – 9 ноября 2012 г. – Часть 4. – Мн.: Институт математики НАН Беларуси, 2012. - С. 87-88.
2. Исаченко, А.Н., Исаченко, Я.А. Гамильтоновы циклы матроида / А.Н. Исаченко, Я.А. Исаченко // Проблемы теоретической кибернетики: материалы XVII Международной конференции (Казань, 16-20 июня 2014 г.). - Казань: Отечество, 2014. - С. 116 - 118.
3. Исаченко, А.Н. Полиномиальная сводимость матроидных оракулов / А.Н. Исаченко // Известия АН БССР, сер.физ.-мат.наук, №6, 1984 – С. 33-35.

4. Исаченко, А.Н., Ревякин, А.М. О сводимости матроидных оракулов / А.Н. Исаченко, А.М. Ревякин // Вестник МГАДА. – 2011. - №3 (9). – С. 117 – 121.

5. Исаченко, А.Н., Исаченко, Я.А. Поиск минимального взвешенного гамильтонова цикла в матроиде / А.Н. Исаченко, Я.А. Исаченко // Международный конгресс по информатике: информационные систеы и технологии = International Congress on Computer Science: Information Systems and Technologies: материалы международного конгресса, Республика Беларусь, Минск, 24 – 27 окт. 2016 г. – Минск: БГУ, 2016. – С. 1024 -1027.

УДК 519.876

ВЛИЯНИЕ ВИДОВ ВОЗМУЩАЮЩЕЙ СИЛЫ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Воронович Г.К.[1], Мартыненко И.М.[1], Коробко Е.В.[2]
[1]Белорусский национальный технический университет
[2]Институт тепло- и массообмена НАН Беларуси
Минск, Беларусь

Виброзащита актуальна для многих процессов, происходящих в механических колебательных системах (КС), подвергаемых вынужденным внешним возмущениям. Для усиления виброзащитного эффекта в качестве демпфирующих применяют неньютоновские жидкости. Это магнитореологические (МРС) и электрореологические (ЭРС) суспензии. Под воздействием внешних полей у них существенно меняется вязкая и упругая составляющая жидкости, что позволяет, за счет увеличения эффективной вязкости, снизить результирующую амплитуду колебаний на частоте собственных колебаний системы, которая определяется силой упругости КС. Проведенные ранее расчеты по математическому моделированию КС с вынуждающей гармонической силой воздействия показали, что при этом могут возникать в результирующем смещении дополнительные гармоники. Анализ Фурье-спектра смещения КС показал, что возможно появление колебаний с гармонической составляющей, кратной частоте